

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства  
та природокористування

Кафедра будівельних, дорожніх, меліоративних  
сільськогосподарських машин та обладнання

**02-01-490**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт  
з навчальної дисципліни  
**«Сільськогосподарські машини»**

на тему:  
**«Двигуни внутрішнього згоряння»**

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія»  
спеціальності 208 «Агроінженерія»  
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано  
Науково-методичною  
радою з якості ННМІ  
Протокол № 2  
від 07.04.2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Сільськогосподарські машини» на тему: «Двигуни внутрішнього згоряння» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Налобіна О. О., Сиротинський О. А. – Рівне : НУВГП, 2020. – 11 с.

Укладачі: Налобіна О. О., доктор технічних наук, професор кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання;

Сиротинський О. А., кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання.

Відповідальний за випуск – Кравець С. В., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання.

Керівник групи забезпечення

Налобіна О. О.

## ЗМІСТ

1. Правила техніки безпеки при проведенні лабораторних занять з навчальної дисципліни «Сільськогосподарські машини».....	3
2. Лабораторна робота № 3. Двигуни внутрішнього згоряння .....	4
Рекомендована література .....	11

© О. О. Налобіна,  
О. А. Сиротинський, 2020  
© НУВГП, 2020

# ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ З ДИСЦИПЛІНИ «СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ»

*Техніка безпеки* - це система технічних засобів і прийомів, що забезпечують безпеку умов праці. Тому питання техніки безпеки повинні бути в центрі уваги не тільки при роботі на машинах, але й при проведенні лабораторно-практичних занять.

Робоче місце повинне бути добре освітлено.

Досліджувану машину і монтажний стіл не можна захаращувати деталями, вузлами й допоміжним устаткуванням. Монтажний стіл повинен бути міцним і покритий листовою сталлю, а пристосування й інструмент - справними. Біля машини повинні вільно працювати шість студентів.

Необхідно користуватись лише гайковими ключами, розміри яких відповідають розмірам гайок. Не можна застосовувати вставки між гранями гайок і губками ключа. Забороняється нарощувати ключі іншими гайковими ключами.

Машини, що піднімаються домкратом, треба міцно встановлювати на козли чи підставку.

При розбиранні і зборці дискового луцильника, фрези, ріжучого апарата косарок, а також інших машин і механізмів необхідно використовувати рукавиці.

Піднімати, переміщувати і встановлювати на місце важкі і громіздкі вузли чи деталі треба не одному студенту, а декільком, погоджуючи при цьому свої дії.

Забороняється перевіряти пальцем збіг отворів у деталях, що з'єднуються. Для цього потрібно використовувати слюсарний пробоець.

Не слід класти інструмент і зняті з машини деталі на край монтажного столу чи залишати на машині, що розбирається.

При вивертанні гайок голівки болтів від провертання потрібно утримувати не руками, а гайковим ключем.

Не можна працювати з несправним інструментом.

Забороняється використовувати бункера саджалок, насінні шухляди сівалок і інші ємності машин для збереження в них деталей і інструмента.

Не можна переміщувати руками зерно в насінній шухляді під час роботи висівних апаратів.

Запускати машини в роботу потрібно за умовним сигналом, переконавшись попередньо, що на робочих органах і обертових частинах не залишилося інструмента й інших сторонніх предметів.

При виконанні завдань, пов'язаних із запуском двигуна трактора і навішенням на нього знарядь, треба дотримувати наступні правила:

- двигун трактора запускати з дозволу викладача й у його присутності;
- перед запуском двигуна важелі коробки зміни передач поставити в нейтральне положення;
- на маховик пускового двигуна намотувати не більш двох витків пускового шнура;
- не намотувати пусковий шнур на руку;
- запускаючи двигун, не знаходитися напроти маховика;
- при підйомі механізмом трактора начіпних машин у транспортне положення знаходитись від них на відстані не менш метра.

## Лабораторна робота № 3

### ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

#### Мета роботи:

В процесі виконання лабораторної роботи студенти повинні вивчити:

- а) загальну будову механізмів і систем двигуна внутрішнього згоряння (дизельного і карбюраторного);
- б) призначення і роботу кожного механізму і системи у взаємодії;
- в) визначення основних параметрів двигунів внутрішнього згоряння.

#### Обладнання та інструмент.

- 1. Дизельний двигун у розрізі.
- 2. Мультимедійні презентації.
- 3. Вимірювальний інструмент.
- 4. ТЗН.

### ОПИС ЗАГАЛЬНОЇ БУДОВИ

#### ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) - це машина, в якій хімічна енергія суміші палива з повітрям перетворюється у механічну роботу.

В залежності від способу запалювання двигуни діляться на дві групи: карбюраторні (із запаленням від електричної іскри) і дизельні (із запаленням робочої суміші від стиску).

За принципом роботи двигуни бувають із чотиритактним і двотактним робочим циклом.

В даний час найбільше поширення одержав чотирьохтактний двигун. Тактом називається хід поршня від одного до іншого крайнього положення, тобто від верхньої мертвої точки (В.М.Т.), до нижньої мертвої точки (Н.М.Т.), або навпаки.

Робочий процес чотирьохтактного двигуна складається з наступних тактів (рис.3.1):

I. Перший такт - впуск горючої суміші (карбюраторний ДВЗ), або повітря (дизельний ДВЗ). Він відбувається при русі поршня від В.М.Т. до Н.М.Т. У циліндрі створюється розрідження, завдяки чому горюча суміш (карбюраторний ДВЗ), або повітря (дизельний ДВЗ) всмоктується через впускний трубопровід у циліндри двигуна. При цьому впускний клапан відкритий, а випускний закритий.

II. Другий такт - стиск суміші. Поршень переміщується від Н.М.Т. до В.М.Т., стискаючи суміш при закритих клапанах. У карбюраторному двигуні в кінці такту стиску між електродами свічки запалювання проскакує іскра, яка підпалює суміш у циліндрі. В дизельному двигуні в кінці такту стиску відбувається впорскування порції палива форсункою і самозаймання робочої суміші від підвищеної температури стисненого повітря.

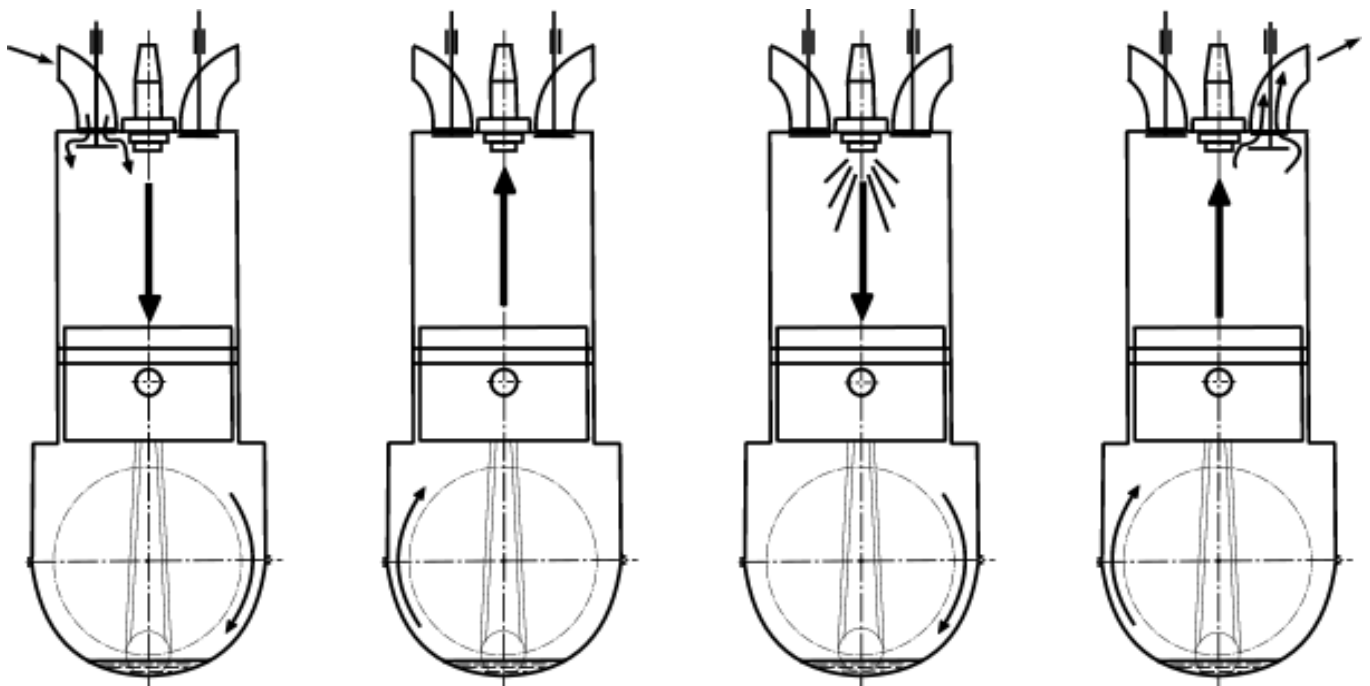
III. Третій такт - згоряння й розширення продуктів згоряння – називається робочим ходом. Під дією тиску продуктів згоряння поршень переміщується від В.М.Т. до Н. М.Т., і за допомогою шатуна обертає колінчастий вал, виконуючи при цьому механічну роботу. Обидва клапани закриті. В кінці такту при підході поршня

до Н.М.Т. відкривається випускний клапан.

**IV. Четвертий такт** - випуск відпрацьованих газів - заключний такт циклу. Поршень переміщується від Н.М.Т. до В.М.Т. і виштовхує продукти згоряння (відпрацьовані гази) у випускний трубопровід. Випускний клапан відкритий.

На автомобілях і тракторах встановлюють, як правило, багатоциліндрові: двох-, чотирьох-, шести-, восьми-, дванадцятициліндрові двигуни. Вони можуть бути рядними, коли циліндри розміщені в ряд один за іншим, V – подібні, коли ряди циліндрів двигуна розташовані під кутом ряд до ряду та мають один, загальний на обидва ряди колінчастий вал і опозитні, коли ряди циліндрів розташовані в одній площині ряд до ряду й мають загальний колінчастий вал, та інші.

Двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) складається з трьох основних частин: головки блока циліндрів, блока циліндрів, піддона (картера).



а) 1-й такт: 0-180°   б) 2-й такт: 180-360°   в) 3-й такт: 360-540°   г) 4-й такт: 540-720°

<b>впуск</b>	<b>стиснення</b>	<b>робочий хід</b>	<b>випуск</b>
(70-80° C)	(300-400° C)	(2200-2500° C)	(700-900° C)

**Рис. 3.1. Процес роботи чотирьохтактного двигуна**

**ДВЗ складається з двох механізмів і чотирьох систем.**

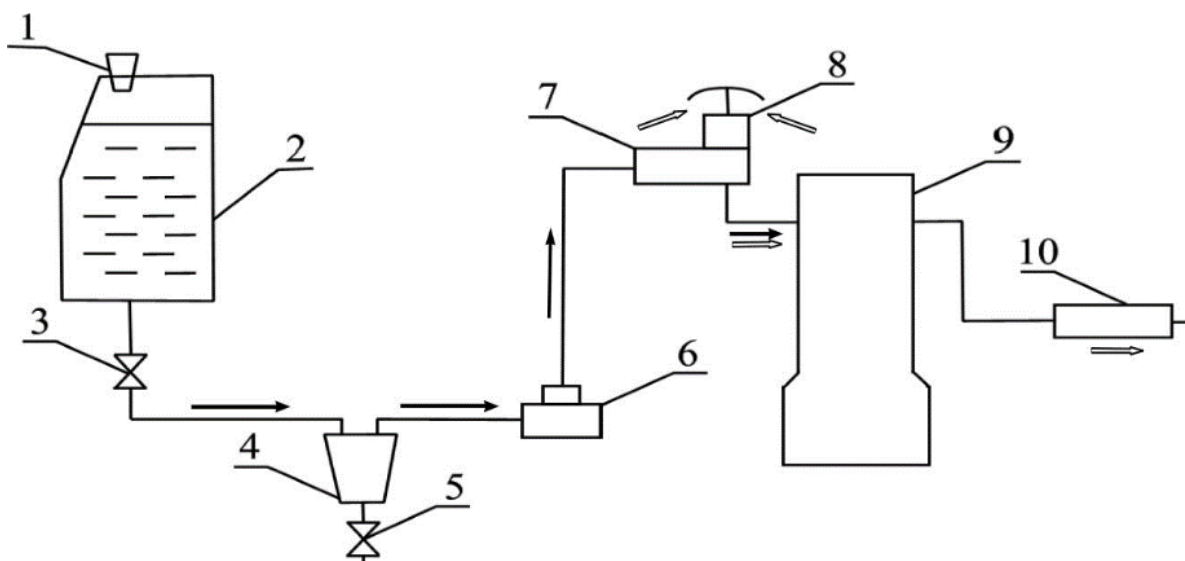
**1. Кривошипно-шатунний механізм** служить для перетворення зворотно-поступального руху поршня в обертовий рух колінчастого вала. Він складається з таких деталей: **а) Поршень** - сприймає тиск газів і передає його через шатун на колінчастий вал. У головці поршня є дві, або три канавки для компресійних кілець і одна нижня канавка для маслозйомного кільця; **б) Компресійні кільця** служать для створення герметичності між поршнем і циліндром, маслозйомне кільце служить для

зняття залишків мастила зі стінок циліндра; **в)** *Поршневий палець* служить для шарнірного з'єднання поршня з шатуном; **г)** *Шатун* з'єднує поршень з колінчастим валом двигуна. Він сприймає під час роботи двигуна змінні за величиною та напрямком сили тиску газів і сили інерції; **д)** *Колінчастий вал* сприймає зусилля від шатунів і перетворює ці зусилля в крутний момент; **е)** *Маховик* – важкий чавунний диск, основна маса якого зосереджена на ободі для збільшення моменту інерції – зрівноважує колінчастий вал.

**2. Газорозподільний механізм** забезпечує своєчасне з'єднання циліндрів із впускним колектором для наповнення їх горючою сумішшю (карбюраторні двигуни) або повітрям (дизельні двигуни) при такті впуску; і з випускним колектором – для очищення від продуктів згоряння, при такті випуску. Газорозподільний механізм може складатися з таких деталей: **а)** *Клапани* призначені для відкриття і закриття впускних і випускних отворів циліндра і надійного їх закривання; **б)** *Направляючі клапанів*; **в)** *Пружини клапанів* призначені для створення необхідного ущільнення між сідлом і головкою клапана; **г)** *Коромисло* – нерівноплечий сталевий важіль, що передає рух від штанги до клапана; **д)** *Штанга* - сталева трубка, яка призначена для передачі зусилля від штовхача до коромисла; **е)** *Штовхач* служить для передачі руху від кулачка розподільного вала штанзі; **ж)** *Розподільний вал* являє собою сталевий циліндричний вал з кулачками, за допомогою яких у визначеній послідовності відкриваються й закриваються впускні та випускні клапани; **з)** *Привод розподільного вала* здійснюється шестеренною, ланцюговою чи пасовою передачею від вала.

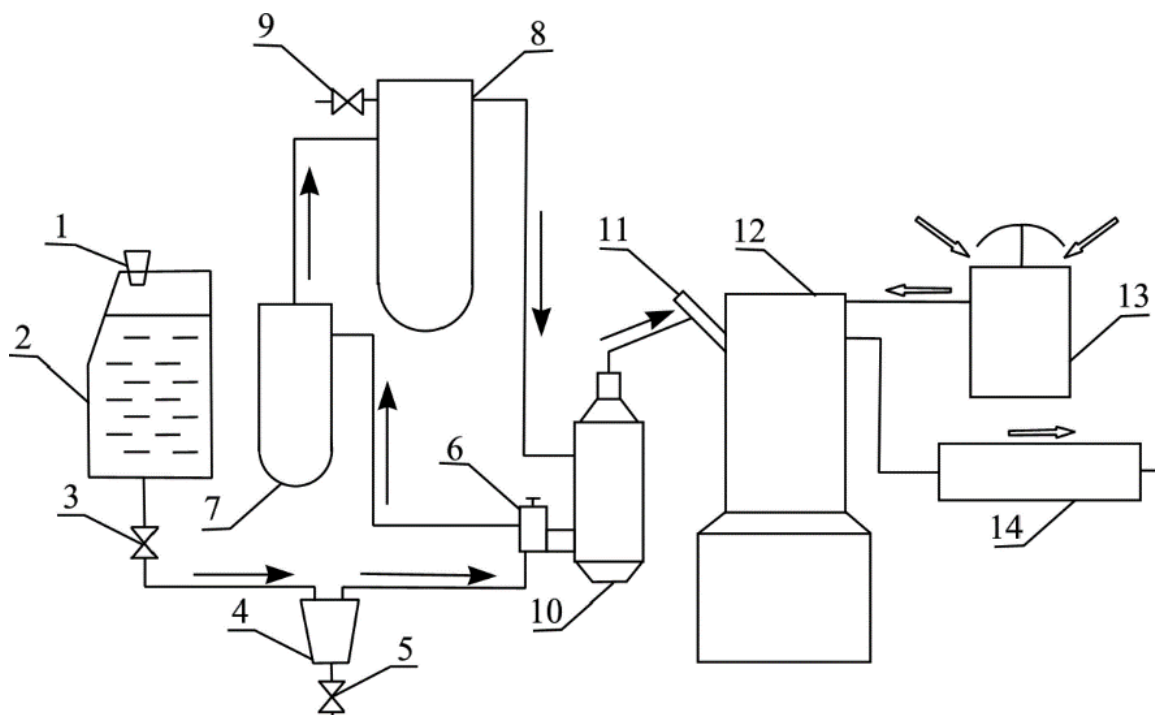
## 1. Система живлення карбюраторного і дизельного двигуна

**А) Система живлення карбюраторного двигуна** призначена для очищення палива і повітря, приготування з них суміші в необхідній пропорції і подачі її до циліндрів двигуна (рис. 3.2). Вона складається, з таких елементів: 1 - заливна горловина; 2 - паливний бак; 3, 5 - крани; 4 - фільтр-відстійник; 6 - насос; 7 - карбюратор; 8 - повітряний фільтр; 9 - блок циліндрів; 10 - глушник.



**Рис. 3.2. Схема системи живлення карбюраторного двигуна:** 1 – заливна горловина; 2 – паливний бак; 3, 5 – крани; 4 – фільтр-відстійник; 6 – насос; 7 – карбюратор; 8 – повітряний фільтр; 9 – блок циліндрів; 10 – глушник

**Б) Система живлення дизельного двигуна** складається (див. рис. 3.3) з заливної горловини 1, паливного бака 2, кранів 3, 5 та 9, фільтра-відстійника 4, помпи підкачки палива 6, фільтра грубої очистки 7, фільтра тонкої очистки 8, паливного насоса високого тиску 10, форсунки 11, блоку циліндрів 12 та повітряного фільтра 13.



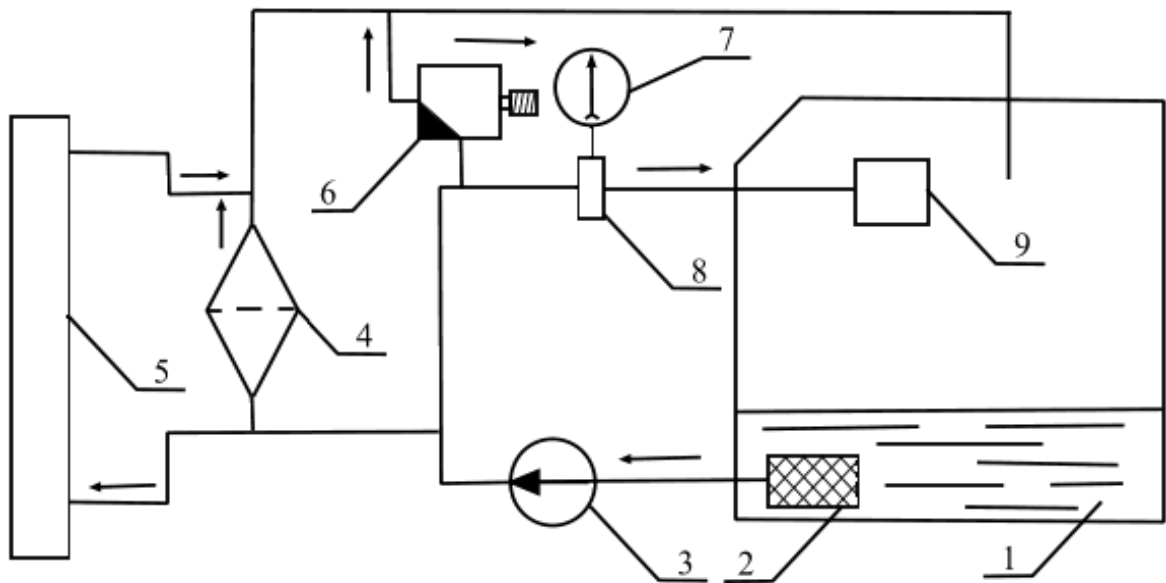
**Рис. 3.3. Схема системи живлення дизельного двигуна:** 1 – заливна горловина; 2 – паливний бак; 3,5,9 – крани; 4 – фільтр-відстійник; 6 – помпа підкачки палива; 7 – фільтр грубої очистки; 8 – фільтр тонкої очистки; 10 – паливний насос високого тиску; 11 – форсунка; 12 – блок циліндрів; 13 – повітряний фільтр; 14 – глушник

**В) Система мащення двигуна** призначена для подачі мастильних матеріалів до поверхонь тертя двигуна для зменшення тертя і зносу, і для відведення тепла від поверхонь тертя. Крім того, мастило покращує герметичність з'єднання циліндра з поршнем. Система мащення ДВЗ - комбінована, тобто: частина деталей змащується під тиском, а всі інші розбризкуванням.

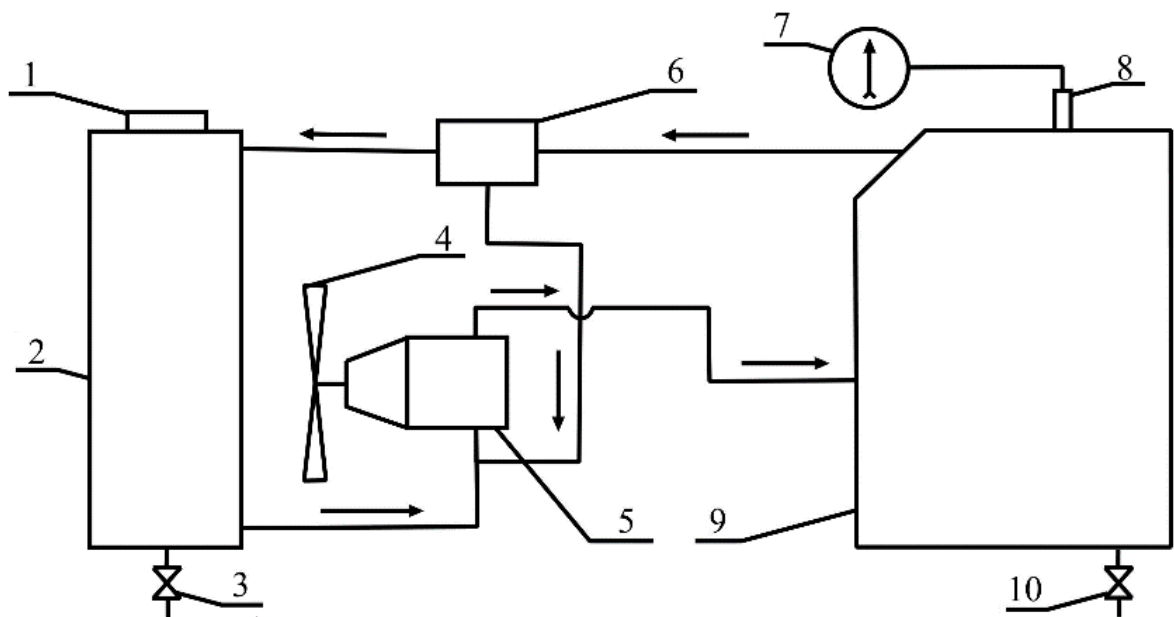
Система мащення складається із наступних елементів (рис. 3.4): 1 - піддон двигуна; 2 - фільтр-маслоприймач; 3 - насос; 4 - фільтр; 5 - масляний радіатор, 6 - запобіжний клапан; 7 - манометр; 8 - датчик тиску; 9 - поверхні тертя двигуна.

### **Г. Система охолодження**

Система охолодження може бути водяна або повітряна. В основному застосовується водяна система охолодження. Вона складається з наступних елементів (рис. 3.5): 1 - пробка радіатора; 2 - радіатор; 3, 11 - зливні крани; 4 - вентилятор; 5 - насос; 6 - клапан-термостат; 7 - термометр; 8 - електричний кабель; 9 - датчик температури; 10 - водяна сорочка двигуна.



**Рис. 3.4. Схема системи мащення двигуна:** 1 – піддон двигуна; 2 – фільтр-маслоприймач; 3 – насос; 4 – фільтр; 5 – масляний радіатор; 6 – запобіжний клапан; 7 – показчик тиску; 8 – датчик тиску; 9 – поверхні тертя двигуна.



**Рис. 3.5. Схема комбінованої системи охолодження двигуна:** 1 – заливна горловина; 2 – радіатор; 3,10 – зливні крани; 4 – вентилятор; 5 – водяна помпа; 6 – термостат; 7 – показчик температури; 8 – датчик температури; 9 – водяна сорочка охолодження двигуна.

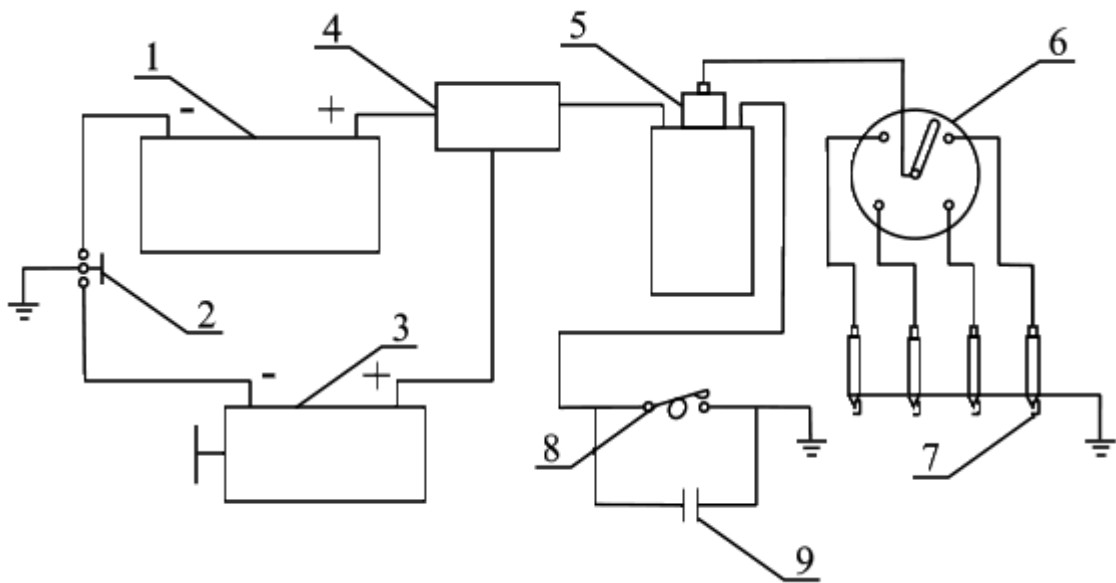
#### Д. Система запалювання

Система запалювання (карбюраторного двигуна) буває: від магнето, батарейна (контактна), контактнo-транзисторна, електронна (безконтактна).

Система запалювання від магнето застосовується на пускових двигунах потужних дизельних ДВЗ.

Батарейна система запалювання двигуна наведена на рис. 3.6.

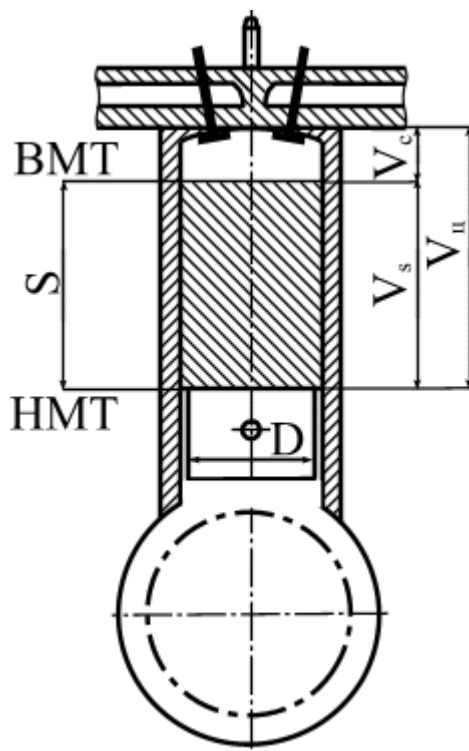




**Рис. 3.6. Схема батарейної системи запалювання карбюраторного двигуна:**  
 1 – акумулятор; 2 – замок запалювання; 3 – генератор; 4 – реле-регулятор; 5 – катушка запалювання; 6 – розподільник струму високої напруги; 7 – свічки запалювання; 8 – переривач струму низької напруги; 9 – конденсатор

## ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ДВИГУНА

1. Верхня мертва точка - положення поршня в циліндрі, при якому віддаль його від осі колінчастого вала двигуна досягає максимуму.
2. Нижня мертва точка - положення поршня в циліндрі, при якому віддаль його від осі колінчастого вала двигуна мінімальна.
3. Хід поршня “S” - відстань по осі циліндра між В.М.Т. і Н.М.Т. (рис. 3.7).
4. Об'єм камери стиску “V<sub>с</sub>” – об'єм циліндра над поршнем при його положенні у верхній мертвій точці (В.М.Т.)
5. Робочий об'єм циліндра “V<sub>р</sub>” – об'єм, що звільняється поршнем при переміщенні його з В.М.Т. у Н.М.Т.
6. Повний об'єм циліндра  $V_{ц} = V_{р} + V_{с}$ .
7. Ступінь стиску “ε” - відношення повного об'єму циліндра до об'єму камери стиску  $\epsilon = \frac{V_{ц}}{V_{с}}$ :
  - для карбюраторних  $\epsilon = 6...10$ ;
  - для дизельних  $\epsilon = 16...25$ .



**Рис. 3.7. Основні параметри двигуна внутрішнього згоряння:**

$S$  – хід поршня;  
 $D$  – діаметр циліндра;  
 $BMT$  – верхня мертва точка;  
 $HMT$  – нижня мертва точка;  
 $V_c$  – об'єм камери стиску;  
 $V_s$  – робочий об'єм циліндра;  
 $V_{\text{ц}}$  – повний об'єм циліндра;

## РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

1.  $N_i$  - індикаторна потужність двигуна

$$N_i = \frac{P_i S d^2 n i}{\tau}, \text{ Вт}, \quad (3.1)$$

де  $d$  - діаметр циліндра, м;  $S$  - хід поршня, м;  $n$  - частота обертання колінчастого вала,  $\text{с}^{-1}$ ;  $i$  - число циліндрів двигуна;  $\tau$  - коефіцієнт, який враховує тактність роботи двигуна (для чотирьохтактного  $\tau=2$ );  $P_i$  - середній індикаторний тиск (у карбюраторних -  $P_i = (7 \dots 12) 10^5$  Па, у дизельних  $P_i = (6,5 \dots 12) 10^5$  Па).

2.  $N_e$  - ефективна потужність двигуна

$$N_e = \frac{P_e S d^2 n i}{\tau}, \text{ Вт}, \quad (3.2)$$

де  $P_e$  - середній ефективний тиск,  $P_e = P_i \eta_m$ ;  $\eta_m$  - механічний коефіцієнт корисної дії;

3.  $M_e$  - крутний момент на валу двигуна, Нм

$$M_e = \frac{N_e}{\omega}, \quad \omega = 2\pi n, \quad (3.3)$$

де  $\omega$  - кутова швидкість колінчастого вала двигуна, рад/с.

4.  $q_e$  - питома витрата палива

$$q_e = \frac{G_e}{N_e}, \quad \frac{\text{кг}}{\text{кВт год}}. \quad (3.4)$$

## **ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ:**

1. Ознайомитися з правилами техніки безпеки.
2. Вивчити загальну будову ДВЗ.
3. Скласти :
  - а) схему роботи чотирьохтактного двигуна;
  - б) схеми систем живлення карбюраторного і дизельного двигунів.

## **ЗМІСТ ЗВІТУ**

1. Короткий опис будови двигунів внутрішнього згоряння.
2. Схема роботи чотирьохтактного двигуна та схеми систем живлення карбюраторного і дизельного двигунів.

### **Питання для самоконтролю:**

1. Назвіть відмінності дизельного і карбюраторного ДВЗ.
2. З яких механізмів і систем складається ДВЗ?
3. Охарактеризуйте роботу чотирьохтактного ДВЗ?
4. З яких елементів складається кривошипно-шатунний механізм?
5. З яких деталей складається газорозподільний механізм?
6. Назвіть складові систем мащення, живлення, охолодження, запалювання. Для чого вони призначені?
7. Оформити звіт з практичного заняття.

## **РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Войтюк Д. Г., Яцун С. С., Довжик М. Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / за ред. Д. Г. Войтюка. Суми : Університетська книга, 2008. 544 с.: іл.
2. Кобець А. С., Пугач А. М. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин : практикум. Дніпропетровськ : Вид-во “Свідлер А.Л.”, 2011. 164 с.
3. Сиротинський О. А., Дмишук М. Д. Механізація лісового і сільського господарства : Лабораторний практикум / За ред. О. А. Сиротинського. Частина I (Механізація сільського господарства) : навчальний посібник. Березне : Надслучанський інститут, 2007. 250 с.: іл.